

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-175180

(43)Date of publication of application : 24.06.1994

(51)Int.Cl.

G02F 1/39
H01S 3/10
H01S 3/103
H01S 3/108

(21)Application number : 04-330176

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 10.12.1992

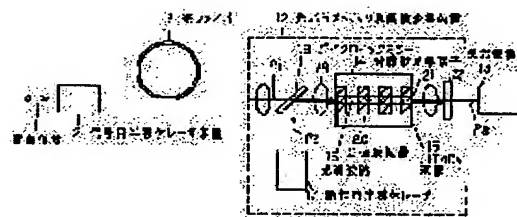
(72)Inventor : ODANI JIYUN
SERIZAWA AKIMOTO
YAMAMOTO KAZUHISA

(54) LIGHT TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical transmission system transmitting a signal light with high sensitivity and a low noise.

CONSTITUTION: After a signal light from a semiconductor laser 2 for a signal use transmits through an optical fiber 3, the signal light is multiplexed with an excitation light from a semiconductor laser 17 for an excitation use in an optical multiplexer 18, coupled with an optical waveguide 16 and converted to a sum frequency light. This sum frequency light is received by a Si light receiving device. Consequently, since the output of the signal light is converted to the sum frequency light and amplified, optical transmission with high sensitivity and a low noise is performed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-175180

(43) 公開日 平成6年(1994)6月24日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/39	9316-2K		
H 0 1 S	3/10	C 8934-4M		
	3/103			
	3/108	8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数6(全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平4-330176	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成4年(1992)12月10日	(72) 発明者	雄谷 順 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(72) 発明者	芹澤 皓元 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(72) 発明者	山本 和久 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

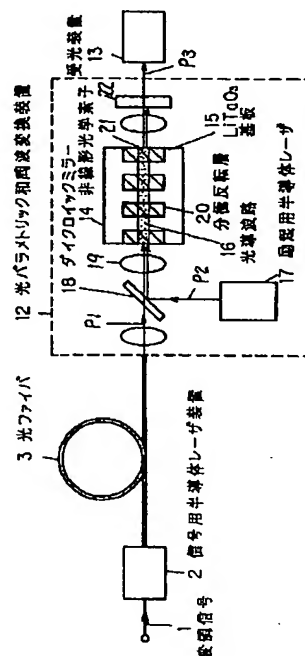
(54) 【発明の名称】 光伝送システム

(57) 【要約】

【目的】 信号光を高感度、低雑音で伝送を行う光伝送システムを提供する。

【構成】 信号用半導体レーザ2からの信号光は、光ファイバ25を伝送後、励起用半導体レーザ17からの励起光と光合波器18で合波されて光導波路16に結合され、和周波光に変換される。この和周波はS1受光装置で受光される。

【効果】 信号光の出力は和周波に変換され増幅され、高感度、低雑音の光伝送を行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号用半導体レーザ装置と、光パラメトリック増幅装置と、S I 受光装置を備え、前記パラメトリック増幅装置は、励起用半導体レーザと、非線形光学効果を有する基板上に周期状となる分極反転層と光導波路が形成された非線形光学素子と、前記信号用半導体レーザ装置からの信号光と前記励起用半導体レーザからの励起光を合波して前記非線形光学素子の光導波路に結合する光合波器から構成され、前記信号光および前記励起光が前記光導波路を伝搬し、前記光導波路中でパラメトリック増幅された後、前記受光装置で受光されることを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】 信号用半導体レーザ装置と、光パラメトリック増幅装置と、受光装置を備え、前記パラメトリック増幅装置は、励起用半導体レーザと、非線形光学効果を有する基板上に周期状となる分極反転層と光導波路が形成された非線形光学素子と、前記信号用半導体レーザ装置からの信号光と前記励起用半導体レーザからの励起光を合波して前記非線形光学素子の光導波路に結合する光合波器から構成され、前記信号光および前記励起光が前記光導波路を伝搬し、前記光導波路中で前記信号光がパラメトリック増幅された後、前記受光装置で受光されることを特徴とする光伝送システム。

【請求項3】 信号用半導体レーザ装置の駆動電流が、アナログ信号で変調されることを特徴とする請求項1または2記載の光伝送システム。

【請求項4】 信号用半導体レーザ装置の駆動電流が、アナログ信号で変調されることを特徴とする請求項1または2記載の光伝送システム。

【請求項5】 非線形光学効果を有する基板として LiNbO_3 ($0 \leq X \leq 1$) 基板を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の光伝送システム。

【請求項6】 光導波路としてプロトン交換光導波路を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、情報通信分野において使用する光伝送システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図4に従来の光増幅器を用いた光伝送システムの構成図を示す。変調信号1で変調された信号用半導体レーザ装置2からの信号光は、光ファイバ3を伝送し、光増幅器4で増幅された後、受光装置5で受光される。このように、従来より伝送距離の拡大のために、光増幅器を用いた光伝送システムが開発されている。光増幅器としては、半導体レーザ増幅器、光ファイバ増幅器、光非線形ファイバ増幅器がある。半導体レーザ増幅器は、半導体レーザの両端面に無反射コートをして電流注入を行い、半導体媒質中の反転分布による誘導放出

によって光を増幅するものである。光ファイバ増幅器は、希土類イオンを添加した光ファイバに励起光注入を行い、希土類イオンの反転分布による誘導放出によって光を増幅するものである。また、光非線形ファイバ増幅器は、光ファイバに強い励起光注入を行って、光ファイバ中において信号光が誘導ラマン散乱またはブリルアン散乱されることを利用して光を増幅するものである。

【0003】 図5に従来の光パラメトリック増幅装置の構成図を示す。周波数 ω_1 の信号光6と励起用レーザ7からの周波数 ω_2 の励起光8は、ダイクロイックミラー9で合波された後、バルクの非線形光学結晶10に入力されて周波数 $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$ の光に変換される。パラメトリック増幅は、非線形光学結晶において周波数 ω_1 の信号光と周波数 ω_2 の励起光が周波数 ω_3 の光に変換される場合である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記のような光増幅器を用いた光伝送システムでは、いずれの光増幅器を用いても光増幅器内において雑音が発生するため、信号のS/N比が劣化してしまう。光増幅器の雑音指数は、理想的な場合でも3dBであるため、受光時のS/N比はショット雑音限界のS/N比より3dB以上悪くなる。さらに、半導体レーザ増幅器ではアナログ信号を増幅したときの歪が大きいこと、光ファイバ増幅器では希土類イオンのエネルギー準位で決まる特定の波長でしか利得が得られないこと、光非線形ファイバ増幅器では利得効率が低いこと等の課題がある。

【0005】 また、従来の光パラメトリック増幅装置あるいは光パラメトリック増幅では、バルクの非線形光学結晶を用いているために効率が低いため、光伝送システムで応用されるには至っていない。

【0006】 そこで本発明は、高効率の光パラメトリック増幅装置あるいは光パラメトリック増幅により、ショット雑音限界のS/N比が得られる光伝送システムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記問題点を解決するため本発明の光伝送システムは、信号用半導体レーザ装置と、光パラメトリック増幅装置と、S I 受光装置を備え、前記パラメトリック増幅装置は、励起用半導体レーザと、非線形光学効果を有する基板上に周期状となる分極反転層と光導波路が形成された非線形光学素子と、前記信号用半導体レーザ装置からの信号光と前記励起用半導体レーザからの励起光を合波して前記非線形光学素子の光導波路に結合する光合波器から構成され、前記信号光および前記励起光が前記光導波路を伝搬し、前記光導波路中でパラメトリック増幅された後、前記受光装置で受光されるという手段を有するものである。

【0008】

【作用】本発明の光伝送システムでは、信号光を非線形光学効果を利用して和周波に変換し、S1受光装置で受光することにより、大幅に信号光の出力および受光感度を向上できる。これについて詳しく説明する。

【0009】信号光は励起用半導体レーザから出力された励起光と合波され光導波路中を伝搬する。この光導波路を進行中に周期状に形成された分極反転層により短波長である和周波へと変換される。例えば波長1.3μmの信号光に対して励起光の波長を0.86μmとすると和周波の波長は0.52μmとなる。この和周波光はS1受光装置により受光が可能となり、大幅なSN比向上が行える。以下SN比向上について説明する。

【0010】和周波変換を用いた場合、SN比は式1で与えられる。

$$S/N = (\eta e / h \nu)^2 P_s P_r / (2 e (\eta e / h \nu) P_r + 4 k T F B) \quad \dots \text{式1}$$

ここで、 P_s は受信された信号光パワー、 h はプランク定数、 ν は光の周波数、 B は受信器の帯域である。また、 η はフォトダイオードの量子効率、 e は電子の電荷、 k はボルツマン定数、 T は受信機温度、 F は前置増幅器の雑音指数、 R はフォトダイオードの負荷抵抗、 P_r は励起光パワーである。

【0011】ここで励起光パワー P_r が充分大きいとき、式1はショット雑音が支配的となり、SN比は式2で与えられる。

$$S/N = P_s / 2 h \nu B \quad \dots \text{式2}$$

つまり、ショット雑音限界の受信感度が実現されることになる。このことは励起光パワーが信号光に比べて充分大きいときには、APDであってもPDと同じSN比が得られることとなる。

【0013】

【実施例】実施例の一つとして本発明の光伝送システムの構成を図を用いて説明する。

【0014】（実施例1）本発明の光伝送システムの構成図を図1に示す。1は変調信号、2は信号用半導体レーザ装置、3は光ファイバ、12は光パラメトリック和周波変換装置、13は受光装置である。

【0015】この実施例では、光パラメトリック和周波変換装置12における非線形光学素子14として、LiTaO₃基板上に作製した光導波路を用いたもので、図1で15は-Z板（Z軸と垂直に切り出された基板の一面）のLiTaO₃基板、16はピロ磷酸中でのプロトン交換処理により形成された光導波路である。また励起用半導体レーザ17がレンズを介して組み込まれている。励起用半導体レーザ17から出射された励起光P2と信号用半導体レーザ2から出射され光ファイバ3を送ってきた信号光P1は、合波器であるダイクロイックミラー18で合波され、レンズ19を通して集光されて光導波路16に導入される。このとき、光導波路16の内部で非線形相互作用が起り励起光P2と信号光P1との和周波光P3

が発生する。ここで用いた位相整合法は分極反転層20を用いた擬位相整合法である。この方法はLiTaO₃基板15に周期状に分極反転層20を配置することで、発生する光の位相を打ち消すことなく増大させるものである。

【0016】ここで和周波光P3の波長 λ_3 はポンプ光P2の波長 λ_2 と信号光P1の波長 λ_1 により以下の式で決定される。

$$\lambda_3 = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2)$$

増大した和周波光P3は光導波路16の出射部21より出力され、フィルター22を通過した後、S1受光装置13で受光される。変換されなかった励起光P2はフィルター22で吸収される。

【0018】以下に上述の実施例の光伝送システムにおける非線形光学素子14の製造方法について説明する。この方法の詳細はたとえば特願平3-301667号に示されている。

【0019】光導波路16はピロ磷酸中でのプロトン交換により作製した。以下基板への光導波路16および分極反転層20の作製方法について図2を用いて説明する。図2(a)でLiTaO₃基板15にTa23を厚み20nm、スパッタ蒸着した後、通常のフォトリソセスとドライエッチングを用いてTaをパターニングする。その後、ピロ磷酸260℃、20分間、プロトン交換を行い高屈折率層24を形成する。次に同図(b)で周期状に分極反転層20を形成するために、540℃、1分間熱処理を行う。形成された分極反転層20の周期は8μm、深さは3μmである。次に同図(c)で光導波路16を形成するために、ピロ磷酸中で260℃、12分間プロトン交換を行い、スリット直下に厚み0.5μmのプロトン交換層を形成した後、420℃の温度で1分間アニール処理する。プロトン交換光導波路16は閉じ込めが良く和周波への変換効率が高まる。最後に研磨により入射面を形成する。光導波路16は厚みは1.9μm、幅4μmである。

【0020】本実施例では、信号用半導体レーザ装置2として波長1.3μmのDFBレーザを用い、アナログFM-FDMの映像信号で変調を行って30kmの光ファイバ3を送った後、100nWの信号光P1が光パラメトリック和周波変換装置12に入射した。励起用半導体レーザ17からの励起光P2の波長は0.86μmであり、120mWの光を取り出しこのうち80mWが光導波路16に結合した。その結果、波長0.52μm、出力100μWの和周波光P3が得られた。これは、信号光P1の出力の1000倍でありゲインとして30dBが得られた。この実施例では、光パラメトリック和周波変換装置12がプリアンプに相当し、信号光P1の出力が小さいときに特に有効である。和周波光P3は、1.3μm帯用のGeあるいは3-5族化合物の受光装置よりも低雑音のS1受光装置が利用できるため、ショット雑音限界のSN比が容易に得られた。また、2次

および3次の歪特性についても劣化が生じることなく、良好なアナログ光映像伝送が実現できた。

【0021】(実施例2)次に第2の実施例の光伝送システムの構成を図を用いて説明する。本発明の光伝送システムの構成図を図3に示す。24は変調信号、2は信号用半導体レーザ装置、25は光ファイバ、26は光パラメトリック増幅装置、27は受光装置である。この実施例では、光パラメトリック増幅装置26における非線形光学素子28として、第1の実施例と同様にLiTaO₃基板29上に光導波路30と周期状となる分極反転層31が形成されたものを用いた。また励起用半導体レーザ32がレンズを介して組み込まれている。

【0022】励起用半導体レーザ32から出射された励起光P2と信号用半導体レーザ2から出射され光ファイバ25を伝送してきた信号光P1は、合波器であるダイクロミックミラー33で合波され、レンズ34を通して集光されて光導波路30に導入される。このとき、光導波路30の内部で非線形相互作用が起り信号光P1が増幅する。ここで、波長 λ_1 の信号光を増幅するためには、励起光の波長は $\lambda_2 = \lambda_1 / 2$ により決定される。光導波路30の出射部35より出射された増幅光P3は、さらに光ファイバ36を伝送した後、受光装置27で受光される。

【0023】本実施例では、信号用半導体レーザ装置2として波長1.3 μ mのDFBレーザを用い、5Gbpsのデジタル信号で変調を行って30kmの光ファイバ25を伝送した後、100nWの信号光P1が光パラメトリック増幅装置26に入射した。励起用半導体レーザ32からの励起光P2の波長は0.65 μ mであり、100mWの光を取り出しこのうち60mWが光導波路30に結合した。その結果、信号光のゲインとして25dBが得られた。この実施例では、光パラメトリック増幅装置26がインラインアンプとして用いられており、増幅光P3はさらに10kmの光ファイバ36を伝送した後、InGaAs受光装置27で受光された。光パラメトリック増幅装置26において雑音の増加あるいは伝送波形が劣化することなく、ビットエラーレート特性にフロアの生じない良好なデジタル伝送が実現できた。本実施例では、光パラメトリック増幅装置をインラインアンプとして用いたが、ポストアンプあるいはプリアンプとしても適用可能である。

【0024】上記第1および第2の実施例では、信号光の波長を1.3 μ mとしたが、波長1.55 μ m帯においても同様の光伝送システムを構成することができる。また、実施例では非線形光学素子として非線形光学効果および電気光学効果の大きなLiTaO₃を用いたがLiNbO₃、KNbO₃、KTP等の強誘電体、MNA等の有機材料にも適用可能である。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明の光伝送システムによれば、非線形光学効果を用い信号光を和周波に変換することで出力の大幅増大が図れる。また、Ge受光装置比べて大幅にSN比の改善が可能なSi受光装置を用いることができ、より低出力のアナログ信号あるいはデジタル信号光をショット雑音限界の高SN比で伝送することが可能となり、その効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光伝送システムの第1の実施例の構成図

【図2】本発明の第1の実施例における非線形光学素子の製造工程図

【図3】本発明の光伝送システムの第2の実施例の構成図

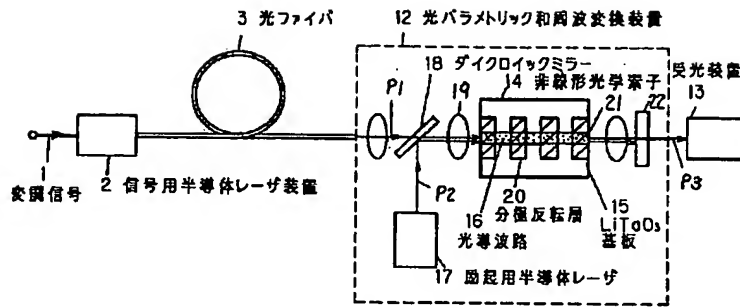
【図4】従来の光伝送システムの構成図

【図5】従来の光パラメトリック和周波変換の構成図

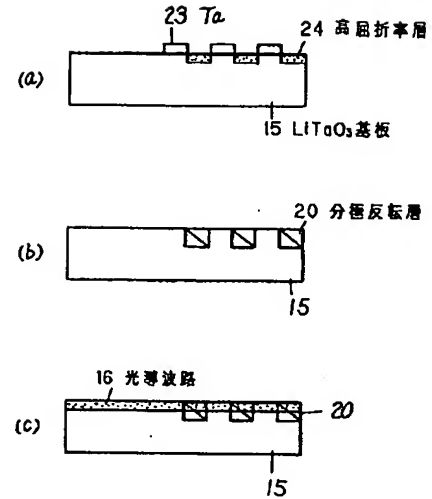
【符号の説明】

- 1、24 変調信号
- 2 信号用半導体レーザ装置
- 3、25、36 光ファイバ
- 12 光パラメトリック和周波変換装置
- 13、27 受光装置
- 14、28 非線形光学素子
- 15、29 非線形光学効果を有する基板
- 16、30 光導波路
- 17、32 励起用半導体レーザ
- 18、33 光合波器
- 20、31 分極反転層
- 26 光パラメトリック増幅装置
- P1 信号光
- P2 励起光
- P3 和周波光

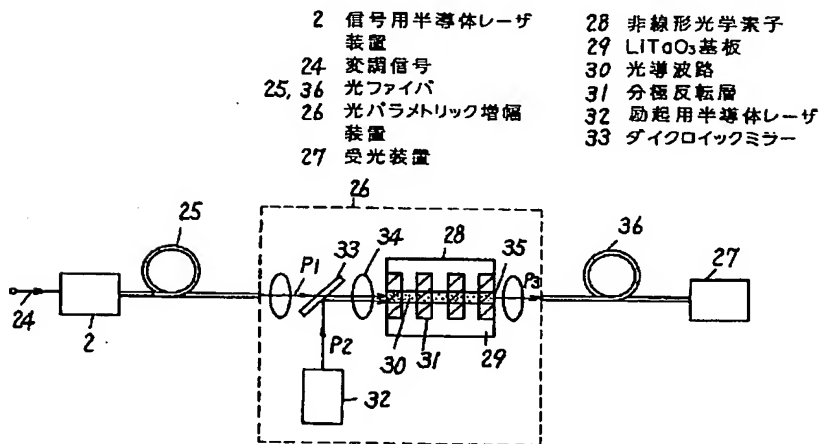
【図1】



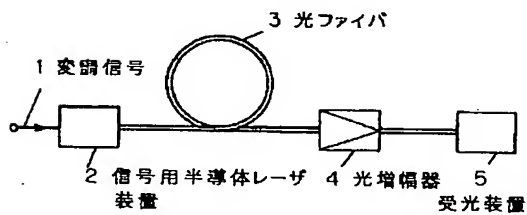
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

